

Л.П. ЩУКІНА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»,
О.В. ПИЛИПЧАТИН, инж.-техн., ПАТ «Завод «Червоний Жовтень», Харків,
Я.О. ГАЛУШКА, магістрант, НТУ «ХПІ»,
Л.О. МІХЕЄНКО, научн. сотрудн., НТУ «ХПІ»

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ТА НЕОРГАНІЧНИХ ПОРИЗАТОРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОРИСТО-ПУСТОТІЛОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ

Здійснено технологічну оцінку органічних і неорганічних поризуючих добавок, що можуть використовуватися у виробництві пористо-пустотілої кераміки. Досліджено фізичні і технологічні властивості поризаторів. Визначено вплив виду і кількості поризаторів на середню щільність, механічну міцність і коефіцієнт конструктивної якості керамічних матеріалів. Надано рекомендації щодо промислового використання комбінованих поризуючих добавок.

Проведена технологическая оценка органических и неорганических поризующих добавок, которые могут использоваться в производстве пористо-пустотелой керамики. Исследованы физические и технологические свойства поризаторов. Установлено влияние вида и количества добавок на среднюю плотность, механическую прочность и коэффициент конструктивного качества керамических материалов. Даны рекомендации по промышленному использованию комбинированных поризующих добавок.

Technological evaluation of organic and inorganic additives to create a porosity that can be used in the production of building ceramics is implemented. The physical and technological properties of additives to create porosity are investigated. The influence of the type and amount of additives to create porosity on mean density, mechanical strength and quality constructive factor of ceramic materials is determined. The recommendations for the industrial use of combined additives to create porosity are given.

Вступ. На сьогодні у багатьох країнах СНД прийняті нові стандарти будівництва, в яких посилені вимоги до теплового захисту огорожуючих конструкцій будівель. Дотримання цих вимог вимагає пошуку нових технічних рішень для стінових конструкцій, в тому числі таких, які б базувалися на використанні нових теплоефективних матеріалів. Світовий досвід показав, що у цьому напрямку найбільш прогресивним рішенням є створення багатошарових стінових конструкцій з використанням таких матеріалів, як ніздрюватий бетон, високопустотні керамічні камені, мінеральні та синтетичні утеплювачі. У світовій практиці будівництва найбільш поширеними конструктивними рішеннями зовнішніх стін з використанням керамічних матеріалів є такі: су-

цільні стіни із пористо-пустотілих керамічних каменів; двохшарові стіни із керамічних каменів та утеплювача; трьохшарові стіни із керамічних каменів, утеплювача та лицьової керамічної цегли. При усій своїй різноманітності наведені варіанти об'єднує одна загальна риса – використання пористо-пустотілих керамічних каменів для спорудження стіни або одного з шарів у стіновій конструкції. Завдяки високій пустотності каменів (50 % пустот), їх низькій щільності (на рівні 1000 кг/м^3) та теплопровідності ($0,34 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), а також відносно невеликій вазі при крупних розмірах вони забезпечують ефективну термічну та акустичну ізоляцію стін, зменшують навантаження на фундамент будівлі і забезпечують економічне та швидке будівництво.

Постановка задачі. Розвиток технології пористо-пустотілих керамічних каменів відбувається в напрямку покращення їх конструкційної якості, під якою розуміється поєднання в одному матеріалі підвищеної механічної міцності та малої об'ємної ваги. Зазвичай це досягається використанням у складах керамічних мас поризуючих добавок, які створюють в матеріалі різні види поруватості, що дозволяє регулювати теплопровідність, щільність і міцність кераміки за рахунок структури матеріалу. У даний час на виробництвах використовується обмежений перелік поризаторів, таких як, наприклад, деревна тирса, луска і торф.

Метою даної роботи є технологічна оцінка різних видів пороутворюючих добавок, які могли б використовуватися у виробництві пористо-пустотілої кераміки високої конструктивної якості.

Експериментальна частина. Як поризатори досліджувалися різні матеріали, які були розділені на дві групи за походженням – органічні та неорганічні. Відходи вуглезбагачення та паливний шлак – добавки, які представляють собою органо-мінеральні суміші з переважним вмістом мінеральної складової, були умовно віднесені до неорганічних поризаторів. При виборі поризаторів орієнтувалися також на відходи різних галузей промисловості. Нами було розглянуто відходи сільського господарства (висівки, луска рослин), деревообробної, целюлозно-паперової галузей промисловості (деревна тирса, лігносульфонат натрію (ЛСТ), паперовий скоп), вищезазначені відходи вугільної та паливної галузей промисловості, а також відходи газовидобування (буровий шлам, що містить високомолекулярні органічні сполуки).

Для обох груп поризаторів були вивчені їх основні фізичні і технологічні характеристики: вологість, вихідний фракційний склад, насипна щільність, питома поверхня для порошкоподібних матеріалів. Були визначені втрати

при прожарюванні поризаторів як головна фізична властивість, що обумовлює їх пороутворюючу здатність. Втрати при прожарюванні (далі «в.п.п.») визначалися після термічної обробки матеріалів при температурі 1000 °С і витримці протягом 2 годин при вільному доступі кисню [1]. Результати такого дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Втрати маси матеріалів при їх термічній обробці

Добавка (поризатор)	Втрати при прожарюванні, мас. %	Добавка (поризатор)	Втрати при прожарюванні, мас. %
Борошно	100	Лігносульфонат натрію	84
Крохмаль картопляний	100	Паперовий скоп	59
Пінополістирол	100	Відходи вуглезбагачення	40
Висівки	97	Мергель глинистий	26
Луска соняшника	97	Крейда	24
Деревна тирса	97	Паливний шлак	24
Солома	95	Буровий шлам	10
Торф	95	Перліт неспучений	4,4

В якості глинистої сировини для отримання керамічної матриці була прийнята легкотопка глина, продукти випалу якої при температурі 1000 °С характеризувалися середньою щільністю 1800 кг/м³ та межею міцності при стиску 19 МПа. Зразки з різною кількістю поризаторів отримували пластичним формуванням і випалювали при температурі 1000 °С. Для кожного поризатора досліджувалися свої об'ємні кількості у масі, переведені на масові відсотки з урахуванням насипної щільності добавки. Після випалу зразків були проаналізовані пороутворюючі властивості поризаторів за критерієм їхнього впливу на середню щільність та міцність керамічних матеріалів (табл. 2).

Результати та їх обговорення. Аналіз взаємозв'язку між середньою щільністю зразків та втратами при прожарюванні добавок показав наявність закономірної тенденції до зменшення щільності зразків при збільшенні в.п.п. поризаторів. Так, з використанням органічних добавок, які характеризуються високими значеннями в.п.п., нижня межа середньої щільності становить 1005 кг/м³, а при використанні неорганічних – 1212 кг/м³. В той же час в ряду дослідних добавок зустрічаються пари органічних та неорганічних поризаторів, які при практично однакових кількостях дають майже однаковий рівень середньої щільності. З табл. 2 видно, що 10 % мергелю (в.п.п. = 26 %) та

9,1 % борошна (в.п.п. = 100 %) приводить до зниження вихідної щільності керамічного зразка до 1660 кг/м^3 та 1624 кг/м^3 відповідно.

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості керамічних матеріалів

Пори- затор	Кількість добавки у шихті, мас. %	Середня щільність, кг/м^3	Межа міцності при стиску, МПа	Пори- затор	Кількість добавки у шихті, мас. %	Середня щільність, кг/м^3	Межа міцності при стиску, МПа
Борошно	2,9	1768	15,4	Скоп	6,3	1782	14,5
	6,5	1636	12,6		18,8	1683	13,1
	9,1	1624	15,5		28,3	1583	8,9
Крохмаль	2,9	1777	20,93	Відходи вуглезба- гачення	15	1697	17,6
	6,5	1579	17,44		35	1444	9,8
	9,1	1506	15,80		50	1369	7,4
Висівки	3,3	1662	10,72	Мергель	10	1660	20,2
	9,2	1358	5,08		20	1634	18,3
	14,5	1258	3,39		30	1527	15,2
Луска соняшника	1,8	1722	18,39	Крейда	10	1707	18,1
	5,1	1477	5,18		20	1644	17,9
	8,2	1345	3,80		30	1510	10,0
Деревна тирса	2,1	1733	18,71	Паливний шлак	15	1596	12,2
	3,6	1647	16,08		35	1352	7,5
	5,8	1528	10,49		50	1212	6,9
Солома	0,8	1747	18,63	Буровий шлам	20	1829	31,1
	1,3	1686	9,55		50	1804	30,6
	2,0	1655	8,31		80	1752	25,9
Торф	2,0	1747	14,33	Перліт	3,38	1841	23,4
	10,0	1369	5,88		4,76	1855	20,3
	22,0	1005	1,19		20	1795	18,5
Піно-полі- стирол	0,3	1675	16,08	ЛСТ	3,5	1841	16,1
	0,7	1480	7,25		9,8	1660	6,0

Аналогічна ситуація спостерігається при використанні 10 % мергелю і 9,8 % ЛСТ з власними втратами при прожарюванні 84 %, досягнута середня щільність зразків в обох випадках становить лише 1660 кг/м^3 . Означену тенденцію можна пояснити дуже високою дисперсністю борошна та ЛСТ (питома поверхня – $711 \text{ м}^2/\text{кг}$ і $592 \text{ м}^2/\text{кг}$ відповідно), яка сприяє кращому ущільненню зразка при формуванні, що, у свою чергу, перешкоджає доступу кис-

ню всередину зразка, необхідного для вигорання добавки.

Аналізуючи вплив кількості добавок на щільність зразків, можна побачити, що не для всіх добавок фактор кількості є значимим. Так, наприклад, для бурового шламу та перліту збільшення їх кількості з мінімальної до максимальної мало впливає на щільність зразків. Те ж саме відноситься до цілого ряду органічних добавок (солома, паперовий скоп, борошно, ЛСТ), використання яких дає можливість знизити щільність кераміки лише на 5 – 10 % при збільшенні кількості самих добавок у масі майже у 3 рази.

Оцінка впливу поризуючих добавок на межу міцності при стиску керамічних зразків показала, що при використанні органічних добавок рівень механічної міцності матеріалів є нижчим, ніж для матеріалів з неорганічними добавками. Максимальний показник механічної міцності, який може бути досягнутий при використанні органічних поризаторів, становить 20,9 МПа (2,9 % крохмалю), при використанні неорганічних поризаторів – 31 МПа (20 % бурового шламу). При збільшенні кількості органічних поризаторів у 3 рази в найбільшому ступені знижують механічну міцність: луска соняшника (на 72 %), ЛСТ (на 63 %), солома (на 55 %), висівки (на 50 %), в найменшому – паперовий скоп (лише на 10 %). Серед неорганічних добавок значно знижують міцність наступні: крейда (на 45 %) і вуглецьвміщуючі добавки – відходи вуглезбагачення (на 58 %) і паливний шлак (на 43 %).

Як показали дослідження макроструктури зразків з однаковою середньою щільністю, отриманих з використанням тирси, пінополістиролу, крейди та глинистого мергелю, органічні добавки, взяті у максимальних кількостях, знижують механічну міцність матеріалів за рахунок утворення великої кількості крупних пор. Більш високий рівень механічної міцності зразків з неорганічними добавками можна пояснити не тільки меншим розміром утворених пор, але й тим, що неорганічні добавки можуть приймати участь у формуванні керамічної матриці, що позитивно впливає на механічну міцність.

Аналізуючи вплив добавок на провідні властивості зразків в цілому, можна зробити висновок, що з ряду рекомендованих до використання поризаторів мають бути виключені луска, солома та ЛСТ як добавки, які при зростанні їх кількості значно знижують міцність матеріалів при слабкому впливі на середню щільність. Також недоцільним є використання борошна за причини його слабкої дії як поризатора. Цей же компонент, як і крохмаль, недоцільно застосовувати у масовому виробництві з економічної точки зору за причини їх порівняно високої вартості. Із переліку придатних для виробниц-

тва поризаторів слід також виключити пінополістирол за причини його надмалої насипної маси ($0,03 \text{ т/м}^3$) і пов'язаних з цим незручностей, які можуть виникнути на виробництві при транспортуванні та дозуванні цієї добавки.

Найбільш ефективними поризуючими добавками, які при їх використанні в мінімальних кількостях дозволяють зменшити середню щільність чистої глинистої сировини при несуттєвому зниженні її механічної міцності є такі: тирса, торф, відходи вуглезбагачення та карбонатні поризатори (крейда і мергель). При цьому важливо зазначити, що керамічні матеріали, отримані з використанням органічних поризаторів, мають невисокі значення коефіцієнтів конструктивної якості K_k [2] на відміну від матеріалів з неорганічними поризаторами. Так, при середній щільності 1528 кг/м^3 зразки з добавкою тирси мають K_k , що дорівнює $6,9 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м/кг}$, а зразки, отримані з використанням мергелю, характеризуються $K_k = 10 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м/кг}$.

При однаковій щільності 1369 кг/м^3 матеріали з добавкою торфу мають $K_k = 4,3 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м/кг}$, а для матеріалів з відходами вуглезбагачення цей показник знаходиться на рівні $5,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м/кг}$.

Висновки. Органічні поризатори у порівнянні з поризуючими добавками неорганічного походження виявляють кращу пороутворюючу здатність при їх використанні у менших кількостях. При цьому органічні добавки негативним чином впливають на механічну міцність керамічних матеріалів за причини утворення великої кількості крупних пор. Особливістю неорганічних поризаторів являється їх комплексна дія, що полягає в одночасній тонкій поризації матеріалу та взаємодії поризатора з керамічною масою. Це зміцнює керамічну матрицю і забезпечує більш високий коефіцієнт конструктивної якості матеріалів, які отримують з використанням навіть значних кількостей неорганічних поризаторів. Серед шляхів досягнення високої конструктивної якості пористо-пустотілої кераміки найбільш доцільним є відпрацювання оптимальних комбінацій неорганічних та органічних поризуючих добавок.

Список літератури: 1. Андрианов Н.Т. Практикум по технологии керамики: учеб. пособие для вузов / [Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов и др.]; под ред. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. – 336 с. 2. Слободяник И.Я. Строительные материалы и изделия / И. Я. Слободяник. – К.: Будівельник, 1966. – 440 с.

Надійшла до редколегії 20.05.12